8.4.2010

CS20A9000 KANDIDAATINTYÖ JA SEMINAARI

Kevät 2010

MTS/MTO-ratkaisut metsäkoneiden valmistuksessa

Ryhmä 4:

Eetu Hönö 0324617
Antti Miettinen 0310854

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO 1
1.1 Työn tavoitteet ja rajaus 1
1.2 Työn rakenne 1
2 TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS 2
2.1 Yrityskuvaus 2
2.2 Toimintaympäristö 3
2.3 Tuotantoprosessi 4
2.4 Tuotteet 6
3 TUOTANTOMUODOT JA NIIDEN VALINTA 9
3.1 Tuotantomuodot 9
3.2 Asiakastilauksen kytkentäpiste (CODP) 12
3.3 Päätöskriteerit 13
3.3.1 Markkinatekijät 13
3.3.2 Tuotetekijät 14
3.3.3 Tuotantoprosessitekijät 15
3.4 Malli tuotantomuodon valitsemiseen 15
3.5 Varastointikustannukset 17
4 TUOTANTOMUODON VALINTA TOIMINTAYMPÄRISTÖSSÄ 18
4.1 Päätöskriteereiden perusteella 18
4.1.1 Markkinatekijät 18
4.1.2 Tuotetekijät 19
4.1.3 Tuotantoprosessitekijät 20
4.2 Mallin perusteella 20
5 JAKO TILAUS- JA VARASTOKOMPONENTTEIHIN 22
5.1 Standardi- ja erikoiskomponenttien luokittelu 22
5.1.1 Standardikomponentit 22
5.1.2 Erikoiskomponentit 24
5.2 Harvesterin pääkomponenttien luokittelu 25
6 RATKAISUN ARVIOINTI 27
7 YHTEENVETO 29
LÄHDELUETTELO 30

1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston tuotantotalouden osastolle toimitusketjun johtamisen pääaineeseen. Työ on kandidaatinvaiheen opinnäytetyö ja se tehtiin parityönä. Työssä käsitellään MTS/MTO ratkaisuja ja tuotantomuotojen valintaa metsäkoneita valmistavassa yrityksessä.

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Toimintaympäristöksi valittiin suuri ja kansainvälisesti toimiva maa- ja metsätalouskoneita valmistava yritys, jolla on tuotantoa Suomessa. Rajasimme työn käsittelemään metsäkoneiden valmistusta ja harvesterin tuoterakennetta yrityksen Suomen tehtaalla. Työn tavoitteena on määrittää toimintaympäristöön parhaiten soveltuva tuotantomuoto soveltamalla kirjallisuudessa esitettyjä päätöskriteereitä ja tuotantomuodon valintamallia. Tämän lisäksi tavoitteena on jakaa esimerkin avulla nimikkeet tilaus- ja varastokomponentteihin sekä asettaa CODP-raja harvesterin tuoterakenteeseen.

1.2 Työn rakenne

Raportin alussa kuvaamme yritystä ja sen toimintaympäristöä. Käsittelemme myös yrityksen tuotantoprosessia ja tuotteita. Tämän jälkeen esittelemme yleisimmät tuotantomuodot sekä asiakastilauksen kytkentäpisteen eli CODP:n. Käsittelemme myös tuotantomuodon valinnassa käytettäviä päätöskriteereitä ja esittelemme tuotantomuodon valintaan käytettävän mallin. Seuraavaksi analysoimme toimintaympäristöä sekä päätöskriteerien että mallin perusteella ja esitämme suosituksen tuotantomuodon valintaan. Lopuksi tarkastelemme esimerkin avulla standardi- ja erikoiskomponenttien jakoa tilaus- ja varastokomponenteiksi. Esitämme myös ehdotuksemme harvesterin pääkomponenttien jakamisesta tilaus- ja varastokomponentteihin. Jako esitetään CODP-rajan avulla harvesterin tuoterakenteessa.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS

Toimintaympäristömme käsittelee maa- ja metsätalouskoneita valmistavaa kansainvälistä yritystä, jolla on tuotantoa Suomessa. Seuraavaksi kuvaamme valitsemassamme toimintaympäristössä toimivaa yritystä, sen tuotantoprosessia ja tuotteita. Käsittelemme myös toimintaympäristön erityispiirteitä, jotka vaikuttavat yrityksen toimintaan. Toimintaympäristö- ja tuotantoprosessiosioissa tarkastelemme toimintaa Suomessa sijaitsevan tuotantolaitoksen näkökulmasta. Esikuvana toimintaympäristön laatimisessa käytettiin John Deereä ja sen Joensuun tehdasta. Lähteinä käytettiin John Deeren kotisivuja, vuosien 2008 ja 2009 toimintakertomusta, vuoden 2008 tuoteohjelmaa sekä artikkeleita yrityksen toiminnasta vuosilta 2004–2009. Toimintaympäristön kuvaus luotiin muokkaamalla edellä mainituista lähteistä saatuja tietoja.

2.1 Yrityskuvaus

Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2009 12,3 miljardia ja vuonna 2008 14,4 miljardia euroa. Yritys on toiseksi suurin toimija metsäkonemarkkinoilla ja se hallitsee markkinoista noin kolmasosaa. Maailmanlaajuisesti yrityksellä on palveluksessaan noin 38 000 henkeä. Suomessa henkilöstöä on noin 600. Suomessa työllistävät tuotannon lisäksi Euroopan ja Venäjän alueen markkinointi, hallinto sekä tuotekehitys. Tuotantolaitoksia yrityksellä on Euroopassa, Etelä- ja Pohjois-Amerikassa sekä Suomessa. Koneiden myynti hoidetaan Euroopassa itsenäisten jälleenmyyjien kautta, mutta Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Englannissa ja Irlannissa myynti tapahtuu omien jälleenmyyntiyhtiöiden kautta. Yrityksen päämarkkina-alueet ovat Pohjois-Eurooppa, Pohjois- ja Etelä-Amerikka sekä Venäjä.

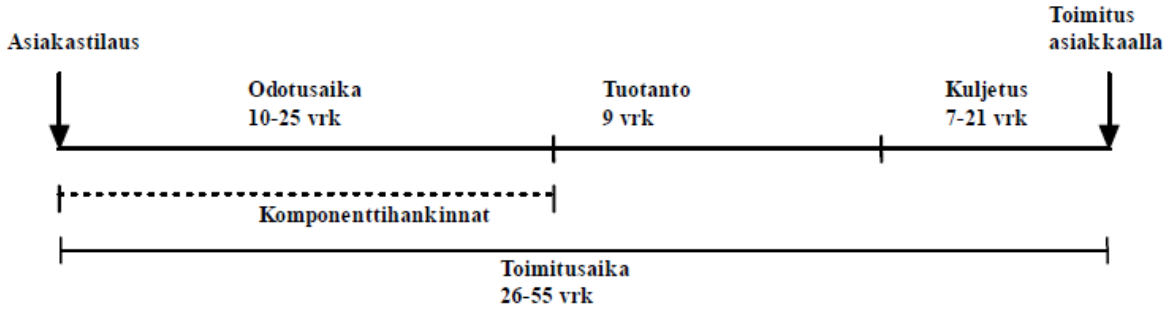
On arvioitu, että teollisesti viljeltyjen nopeasti kasvavien metsien, kuten eukalyptusmetsien, määrä lisääntyy 45 % vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2010 viljelmien kokonaisalan on arvioitu olevan noin 22 miljoonaa hehtaaria ja vuoteen 2020 mennessä se tulee kasvamaan noin 32 miljoonaan hehtaariin. Kasvu on voimakkainta Etelä-Amerikan maissa kuten Argentiinassa, Brasiliassa ja Chilessä. Kiinan osuuden kyseisten metsien viljelyssä on arvioitu kasvavan suhteessa kaikkein eniten. (Tiitinen 2007) Maailman puunkorjuusta 60 % tehdään kokopuumenetelmällä, jossa puut kuljetetaan joko sellaisenaan tai karsittuina pois metsästä ja jatkokäsitellään tarpeen mukaan. Venäjällä vastaava luku on 85 %. Pohjoismaissa yleinen ja

tuottavampi puunkorjuutapa on katkottu korjuumenetelmä, jossa puut katkotaan jo metsässä sahan tai paperitehtaan vaatimiin mittoihin. Tässä puunkorjuutavassa käytetään harvestereita ja kuormatraktoreita. (Tervola 2006) Yrityksellä on kattava huoltoverkosto, joka palvelee asiakkaita kaikilla markkina-alueilla. Yritys tarjoaa asiakkailleen huoltopalvelusopimuksia ja käyttökoulutusta konetoimitusten yhteydessä. Kyseiset palvelut ovat taloudellisesti tärkeä osa yrityksen toimintaa.

Suomen tuotantolaitoksella valmistetaan pyöräalustaiset harvesterit ja kuormatraktorit. Tuotantolaitos valmistaa keskimäärin kuusi konetta päivässä. Vuodessa koneita valmistetaan noin 1500 kappaletta, joista 90 % menee vientiin. (John Deere 2010)

2.2 Toimintaympäristö

Toimitusaika toimintaympäristössä on suhteellisen pitkä. Asiakastilauksesta kuluu keskimäärin 40 päivää toimituksen saapumiseen asiakkaalle (Tervola 2006). Itse tuotanto kestää vain yhdeksän päivää, mutta tilausohjautuvat komponenttihankinnat ja pitkät kuljetusajat kasvattavat lopullisen toimitusajan 26–55 vuorokauteen. Valmiiden koneiden kuljetukset hoidetaan Etelä- ja Pohjois-Amerikkaan laivarahteina. Pohjois-Euroopan ja Venäjän asiakkaille kuljetukset hoidetaan erikoisvalmistetuilla perävaunuilla. Riippuen toimituksen määränpäästä, kuljetusaika vaihtelee viikosta kolmeen viikkoon. Toimitusajan muodostuminen on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Toimitusajan muodostuminen

Asiakkaan odottama toimitusaika riippuu tilauseräkoosta, joka vaihtelee suuresti riippuen asiakkaasta. Suuri osa tilauksista on pieniä alle kuuden kappaleen tilauksia, mutta yritys saa myös vuodessa joitain yli 100 kappaleen tilauksia. Suurissa tilauksissa asiakas on valmis

odottamaan tilaamiaan koneita pidempään. Näissä tilauksissa asiakas tekee koneiden tilauksen useita kuukausia ennen varsinaista tarvetta. Pienemmissä tilauksissa asiakkaat haluavat koneet nopeammin ja saattavat odottaa toimitusta jo muutamassa viikossa. Näissä tilauksissa asiakkaan odottama toimitusaika vaihtelee kolmen ja neljän viikon välillä. Yritys on pyrkinyt selvittämään asiakkaan odottamia toimitusaikoja laitteiden toimittamisen yhteydessä lähetettävällä kyselylomakkeella.

Keskimääräinen päiväkysyntä vaihtelee viiden ja seitsemän tilatun koneen välillä. Keskimääräinen vuosikysyntä koneille on 1 560 kappaletta. Kysyntä on jakautunut tasaisesti koko vuodelle.

Yrityksen Suomen tehtaalla tapahtuu metsäkoneiden kokoonpano sekä strategisiksi toiminnoiksi määritellyt runkojen ja kuormainten pääosien valmistukset (Delfoi 2008). Metsäkoneet koostuvat yli 2 000 komponentista ja suurin osa komponenttien valmistamisesta on ulkoistettu. Alihankinnat tehdään yli sadalta toimijalta ympäri maailmaa. Yritys asettaa komponenttitoimittajilleen tiukat laatu- ja toimitusaikavaatimukset. Tehtaan tehtäväksi jää toteuttaa metsäkoneiden kokoonpano ja hallita laajaa alihankkijoista koostuvaa toimitusketjua. (Ignatius 2007)

2.3 Tuotantoprosessi

Suomessa harvestereiden ja kuormatraktoreiden tuotantoprosessi tapahtuu kahden hehtaarin kokoisella tehtaalla. Tuotantoprosessi koostuu kuudesta eri toiminnosta. Osa koneen 2 000 komponentista on ns. tilauskomponentteja ja osa varastokomponentteja. Tilauskomponentit tilataan vasta asiakastilauksen saavuttua ja varastokomponentteja varastoidaan tehtaalla. Kyseinen toimintamalli asettaa toimittajille suuria vaatimuksia toimitusajan suhteen. Kun harvesterin tai kuormatraktorin tilauskomponentit ovat saapuneet tehtaalle, aloitetaan levykokoonpano ja hitsaus. Sen jälkeen on vuorossa runkojen ja kuormaosien koneistus. Koneistetut rungot lähetetään tehtaalla sijaitsevaan maalaamoon, minkä jälkeen aloitetaan asennus kokoonpanolinjalla. Lopuksi koneeseen tehdään säätöjä ja se testataan, koeajetaan sekä viimeistellään. Tämän jälkeen kone on valmis toimitettavaksi asiakkaalle. (John Deere 2010) Kokonaisuudessaan koneen tuotantoprosessi kestää 9–10 päivää, mutta yritys pyrkii lähitulevaisuudessa pudottamaan tuotannon läpimenoajan kuuteen päivään (Eskola 2009).

Alihankkijat toimittavat tehtaalle runkojen ja kuormaimien teräsosat valmiiksi muotoon leikattuina levyaihioina. Rungonvalmistuksessa ensimmäisenä vaiheena on silloitus, jossa rungon eri osat harsitaan käsin hitsaamalla kokoon. Esikootut rungot lähetetään hitsausroboteille, jotka hoitavat varsinaisen saumojen hitsauksen runkokohtaisen ohjelman perusteella. (John Deere 2010) Tehtaalla on käytössä viisi hitsausrobottisolua, joista kustakin valmistuu hitsattu etu- ja takarunko yhdessä vuorossa, kahdeksan tunnin välein. Itse rungon robottihitsaus kestää ohjelman kestoa mittaamalla 2–4 tuntia riippuen rungon koosta. Robottisoluissa voidaan hitsata ainoastaan niitä runkoja, joiden hitsausohjelmat on tehty kyseistä solua varten. Uuden hitsausohjelman käyttöönotto ja testaus solussa kestää noin 15 tuntia. Runkoja ei voida joustavasti siirtää hitsattavaksi solusta toiseen, vaikka robotti seisoisi huollon takia tai siirtäminen toiseen soluun olisi tuotannonohjauksen kannalta järkevää. Solut ovat siis tuotejoustavuuden suhteen jäykkiä. (Delfoi 2008)

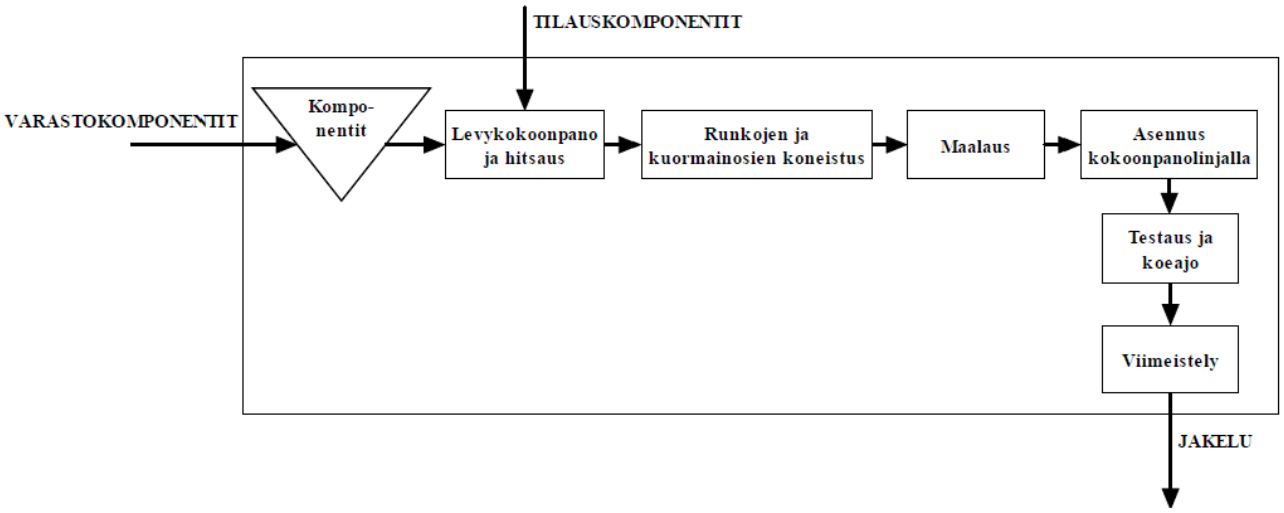
Hitsauksen jälkeen runko lähtee koneistukseen. Rungot koneistetaan kahdessa osassa, etu- ja takarunko erikseen. Metsätraktoreissa ja harvestereissa on erilaiset rungot, joten erilaisia runkokappaleita on neljä. Kaikki variantit mukaan luettuna erilaisia runkokappaleita on yhteensä 30. (Eskola 2008) Runkoaihiot syötetään kiinnitin- ja kuljetusteknologian avulla miehittämättömälle koneistussolulle, jossa kaksi konetta koneistaa samaa kappaletta yhtä aikaa. Kone pyörii kolmessa vuorossa viitenä päivänä viikossa. Päivässä saadaan 16 rungon puolikasta eli kokonainen runko kahdeksaan koneeseen. (John Deere 2010) Kun 1,5 tuntia kestävä työstöohjelma on pyörinyt läpi, ohjataan rungot maalaamoon (Tervola 2006).

Tehtaan yhteydessä sijaitseva maalaustoiminto on ulkoistettu alihankkijalle. Tehtaalla maalataan koneiden etu- ja takarungot sekä kuormainten pääkomponentit. Lisäksi maalataan joitakin alihankkijoilta tulevia osia. Muiden komponenttien maalaamisesta vastaavat alihankkijat, joille on annettu tarkat laatu- ja värimääritykset osien maalaamisesta. Maalauslinjan läpimenoaika on yhteensä viisi tuntia. Maalauksen ja kuivatuksen jälkeen osien annetaan jäähtyä, minkä ne voidaan siirtää kokoonpanolinjalle asennettaviksi. (John Deere 2010)

Kuormatraktoreille ja harvestereille on omat kokoonpanolinjat, joissa työvaiheita on noin viisikymmentä. Kokoonpanotyöskentely on linjamaista ja prosessi on jaettu pieniin helposti hallittaviin kokonaisuuksiin. Työvaiheet on standardisoituja, joka mahdollistaa niiden

tehokkaan ohjeistuksen ja valvonnan. Asennettavat komponentit tuodaan kokoonpanolinjalle, jossa ne asennetaan koneeseen. Asentaja käy läpi tietokoneen ruudulta kaikki asennuksen vaiheet ja kuittaa valmiin työn näytölle. Kaaviopiirroksista selviää oikea työjärjestys. (John Deere 2010)

Kokoonpanolinjan jälkeen kone koeajetaan, kaikki sen toiminnot testataan ja siihen tehdään loppusäätöjä. Koneen viimeistely ja testaus kestävät yhteensä noin 8 tuntia (Eskola 2009). Lopuksi valmis kone ajetaan erikoisvalmistettuun perävaunuun kuljetusta varten. Tehtaalla ei varastoida valmiita koneita, vaan ne lähtevät suoraan uudelle omistajalle. Kuvassa 2. on esitetty harvesterin ja kuormatraktorin tuotantoprosessiin liittyvät toiminnot.

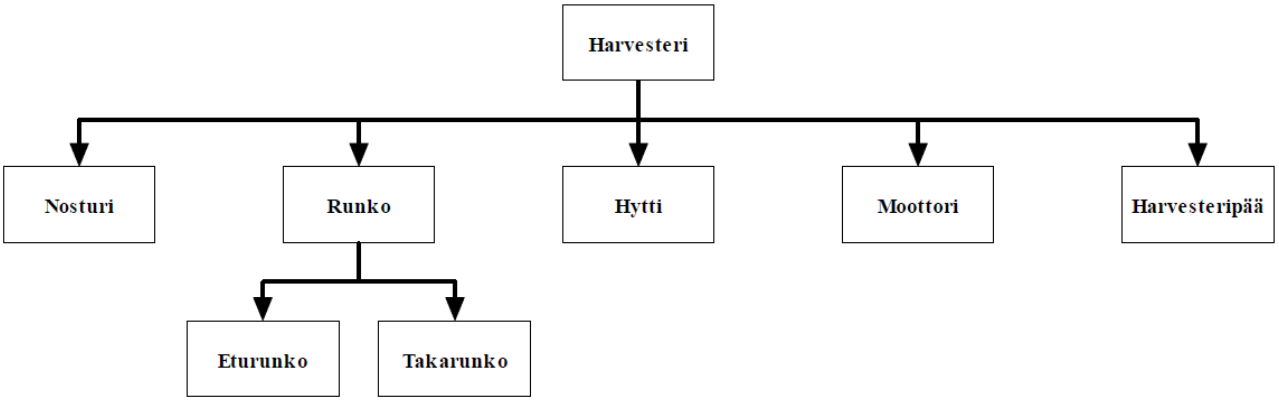


Kuva 2. Harvesterin ja kuormatraktorin tuotantoprosessi

2.4 Tuotteet

Runkovariaatioiden mukaan jaettuna Suomen tehtaalla valmistetaan yhteensä 30 erilaista harvesteri- ja kuormatraktorimallia. Tämän lisäksi tehtaalla valmistetaan hakkuutähdepaalaimia. Uusien koneiden hinta vaihtelee mallista ja sen ominaisuuksista riippuen 250 000 € ja 500 000 € välillä. Komponenttien ja valmiiden koneiden varastointi vaati runsaasti tilaa ja niiden siirtely on suuren koon vuoksi hankalaa. Nämä aiheuttavat yhdessä suhteellisen korkean varastointikustannusprosentin. Varastointikustannukset ovat vuodessa 25 % varastoihin sitoutuneesta pääomasta.

Harvesteri koostuu viidestä pääkomponentista, jotka ovat nosturi, runko, hytti, moottori ja harvesteripää. Suurin osa komponenteista hankitaan tavaratoimittajilta tilausohjautuvasti. Harvesterin tuoterakenne on esitetty kuvassa 3.

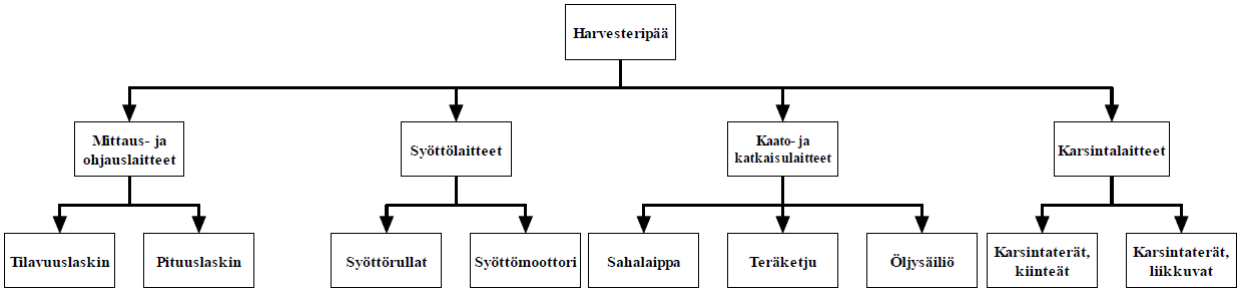


Kuva 3. Harvesterin rakenne

Nosturit hankitaan suomalaiselta yritykseltä, joka toimittaa nostureita sekä rakennus-, että metsäteollisuuteen. Nosturin koko vaihtelee harvesterin koon mukaan. Mitä suurempi harvesteri on kyseessä, sitä suuremman nosturin se vaatii. Nosturien toimitusaika vaihtelee 7 ja 20 päivän välillä. Rungot hankitaan oikeaan muotoon leikattuina levyaihioina. Eri aihiomallien suuren lukumäärän vuoksi alihankkijoita on useita. Toimituksista vastaa 12 suomalaista konepajaa, joista jokainen valmistaa yhdestä kolmeen erilaista levyaihiota. Toimitusaika levyaihioilla vaihtelee neljän ja seitsemän päivän välillä. Hyttejä on kahta eri mallia ja ne tilataan alihankkijalta Ruotsista. Hytit toimitetaan tehtaalle osissa ja ne kasataan vasta tuotantolinjalla, jonka jälkeen ne asennetaan runkoon. Toimitusaika hyteillä on 10–15 päivää. Moottorit toimitetaan tehtaalle yrityksen omalta Ranskan tehtaalta, joka on erikoistunut niiden valmistukseen. Moottoreita on kolmea eri kokoluokkaa, joista pienimpien teho on 100 kW, keskikokoisten 145 kW ja suurimpien 190 kW. Toimitusaika moottoreilla on 10–21 päivää.

Harvesteripää on harvesterin kallein ja tärkein yksittäinen osa. Se määrää, kuinka tehokkaasti harvesteri pystyy kaatamaan ja käsittelemään runkoja. Harvesteripäitä ei hankita ulkopuoliselta toimittajalta, vaan ne tilataan yrityksen omalta tehtaalta Pohjois-Amerikasta. Ne toimitetaan Suomeen lentorahtina, jolloin toimitusajaksi muodostuu 7–14 päivää.

Harvesteripää koostuu mittaus-, ohjaus-, syöttö-, kaato-, katkaisu- ja karsintalaitteista. Tuoterakenne on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Harvesteripään tuoterakenne

Harvesteripäät voidaan luokitella käyttötarkoituksen mukaan päätehakkuu-, harvennus- ja monikäyttöpäihin. Luokittelu on tehty katkaisumitan ja syöttövoiman perusteella. Eri luokat on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Harvesteripäiden luokittelu

	Harvennuspäät	Monikäyttöpäät	Päätehakkuupäät
Katkaisumitta (mm)	alle 500	500–600	yli 600
Syöttövoima (kN)	15–20	20–25	yli 25

Tehtaalla kasattavien koneiden tuoterakenteet on pyritty tekemään mahdollisimman modulaarisiksi. Kuormatraktorien ja harvesterien valmistuksessa käytetään osittain samoja moottoreita, hyttejä ja renkaita. Tämä on otettu huomioon varsinkin uusien mallien suunnittelussa. Koneet on myös suunniteltu niin, että pienet osat, kuten esimerkiksi letkut ja mutterit, ovat samoja kaikissa koneissa.

Koska harvesterit valmistetaan tilausohjautuvasti, pystytään niihin sisällyttämään runsaasti asiakasspesifikaatioita. Asiakas voi valita tilaamaansa harvesteriin komponentteja omien tarpeidensa perusteella. Apuna tässä on sähköinen päätöspuumalli, jonka avulla asiakas voi valita harvesteriinsa esimerkiksi haluamansa ohjauslaitteiston, harvesteripään, renkaat ja moottorin. Taulukossa 2. on koottu yhteen harvesterin pääkomponenttien toimittajat ja toimitusajat.

Taulukko 2. Harvesterin pääkomponenttien toimittajat ja toimitusajat

Komponentti	Toimittaja	Maa	Toimitusaika (vrk)
Nosturi	Alihankkija	Suomi	7–20
Runko	Alihankkija	Suomi	4–7
Hytti	Alihankkija	Ruotsi	10–15
Moottori	Oma tehdas	Ranska	10–21
Harvesteripää	Oma tehdas	USA	7–14

3 TUOTANTOMUODOT JA NIIDEN VALINTA

Varastointikustannukset ovat suuri osa toimitusketjun kokonaiskustannuksista, minkä vuoksi varastonhallinta on yksi tärkeimmistä asioista toimitusketjun hallinnassa. Tärkeisiin päätöksiin kuuluvat sekä välivarastojen oikean paikan määrittäminen että sopiva varastointistrategia näissä pisteissä. Varastonhallinnassa tulee määrittää mitkä tuotteet tai tuotteiden komponentit tehdään varasto-ohjautuvasti ja mitkä tuotteet tehdään vasta asiakastilauksesta. Ennusteohjautuvasti varastoon tehtäville tuotteille tulee määrittää sopiva varastonhallintastrategia ja tilausohjautuvien tuotteiden kohdalla tulee ottaa huomioon asiakkaiden toimitusaikavaatimukset. (Kaminsky & Kaya 2009, s. 103)

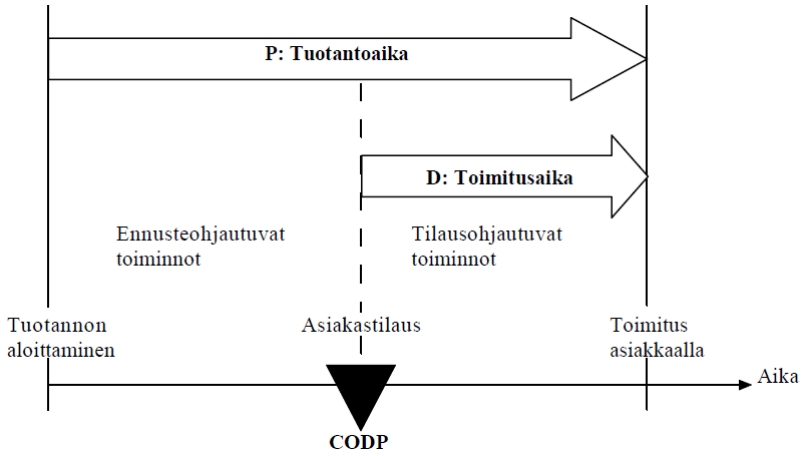
Tässä kappaleessa käsittelemme valmistusimpulssin mukaiset tuotantomuodot ja yhdistämme tuotantomuotojen tarkasteluun P/D-suhteen. Tuomme esille asiakastilauksen kytkentäpisteen käsitteen (CODP= Customer order decoupling point) ja käsittelemme tekijöitä, jotka vaikuttavat kyseisen pisteen paikan määrittämiseen. Tämän lisäksi esittelemme tuotantomuodon valitsemiseen käytettävän mallin, jossa hyödynnetään P/D-suhdetta ja variaatiokerrointa (cv= Coefficient of variation). Lopuksi tarkastelemme varastointikustannusten muodostumista.

3.1 Tuotantomuodot

Varasto-ohjautuva tuotanto sekä tuotannossa käytettävien raaka-aineiden ja materiaalien varastointi on yleistä massa- ja sarjatuotannoissa, joissa tehdään suuria määriä samanlaisia tuotteita. Jos varasto-ohjautuva tuotanto ei tule jostain syystä kysymykseen, täytyy tuotteet valmistaa vasta tilauksen perusteella. Tilausohjautuva tuotanto, tilausohjautuva kokoonpano

ja tilausohjautuva suunnittelu ovat tyypillisimmät tilausohjautuvuuteen perustuvat tuotantomuodot, jotka sisältävät tuotteen varsinaisen valmistamisen joko itse tai alihankkijoita hyväksikäyttäen. Fisher luokittelee tuotteet artikkelissaan funktionaalisiin ja innovatiivisiin tuotteisiin (Fisher 1997, s. 107). Kyseisen luokittelun mukaan varasto-ohjautuvaan tuotantoon soveltuvat pitkälle standardoidut funktionaaliset tuotteet, joiden kysyntä on hyvin ennustettavissa. Tilausohjaukseen soveltuvat ei-standardoidut innovatiiviset tuotteet, joiden kysyntää on hankala ennustaa. (Karrus & Söderström 1998, s. 53–54)

Kaksi merkittävää tekijää tuotantomuodon valinnassa ovat P/D- suhde ja variaatiokerroin (Olhager 2003, s. 326). P/D-suhteessa P kuvaa tuotantoaikaa tuotannon aloittamisesta toimitukseen ja D toimitusaikaa asiakastilauksesta toimitukseen. Yritys ja sen toimitusketju pystyvät vaikuttamaan tuotantoajan muodostumiseen. Toimitusaika tulee markkinoiden vaatimuksista tai siitä millaista toimitusaikaa yritys tarjoaa. P/D-suhteen perusteella voidaan määritellä ennusteohjautuvan suunnittelun ja tuotannon tarve. (Wikner & Rudberg 2005, s. 212–213) Kuvassa 5. on esitetty P/D-suhteen käsite.



Kuva 5. P/D-suhde (Wikner & Rudberg 2005)

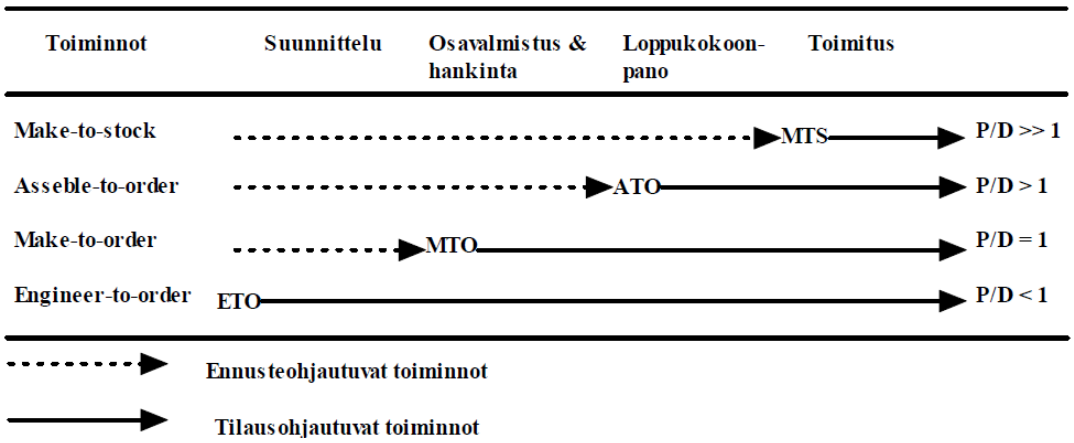
Varasto-ohjautuvassa tuotannossa (MTS= Make-to-stock) valmistetaan tuotteita valmisvarastoon, josta ne tilauksesta toimitetaan suoraan asiakkaalle. Tyypillisesti varasto-ohjautuvien tuotteiden kysynnän volyymi on suuri ja suhteellisen tasainen, mikä mahdollistaa kysynnän ennustamisen. Tässä toimintaympäristössä kilpailutekijöitä ovat tuotteiden laadun lisäksi toimitusvarmuus ja hinta. Kyseisessä ympäristössä toimivien yritysten tulisi pyrkiä pitämään tuotantokustannukset matalina ja varmistamaan tuotteiden saatavuus. (Hallgren & Olhager 2006, s. 3875). Tarkasteltaessa P/D-suhdetta tyypillisessä MTS tuotantoympäristössä

on D lyhyt verrattuna P:hen. Tällöin tuotannon tulee tapahtua ennusteohjautuvasti ilman varmaa tietoa kysynnästä. (Wikner & Rudberg 2005, s. 213–214)

Tilausohjautuvassa tuotannossa (MTO= Make-to-order) tuotanto tapahtuu vasta asiakastilauksen saavuttua (Wikner & Rudberg 2005, s. 213). MTO-tilanteessa valmistettavat tuotteet tehdään asiakkaan toiveiden mukaisesti, mikä vähentää ennakoivan suunnittelun mahdollisuutta. Asiakkaan mahdollisuus vaikuttaa lopputuotteeseen aiheuttaa epävarmuutta lopputuotteen rakenteeseen. Myös lopputuotteen kysynnän volyymiin liittyy epävarmuutta. Tuotannon tehtävänä kyseisessä toimintaympäristössä on valmistaa tuotteita asiakkaiden vaatimusten perusteella sekä saada aikaan lyhyet ja ennustettavissa olevat toimitusajat asiakkaalle. Lyhyet toimitusajat voivat muodostua tässä toimintaympäristössä merkittäväksi kilpailutekijäksi ja toimitusvarmuudella voidaan vaikuttaa asiakastyytyväisyyteen. MTO tilanteessa toimivien yritysten tulisi keskittyä läpimenoaikojen lyhentämiseen, mutta pitää tuotanto kuitenkin riittävän joustavana. (Hallgren & Olhager 2006, s. 3875)

Tilausohjautuvassa kokoonpanossa (ATO= Assemble-to-order) osa tuotannosta toimii varasto-ohjautuvasti ja osa tilausohjautuvasti. Usein ATO toimintaympäristössä yritykset valmistavat puolivalmiita tuotteita välivavarastoon, josta loppukokoonpano tapahtuu asiakastilauksen perusteella. Kyseisessä toimintaympäristössä toimivien yritysten tulee huomioida, että varasto- ja tilausohjautuvien toimintojen ohjaus eroaa toisistaan. MTS toiminnoissa tulee keskittyä tuottavuuteen ja alhaisiin kustannuksiin. MTO toiminnoissa on tärkeää keskittyä toimintojen joustavuuteen ja nopeuteen. (Hallgren & Olhager 2006, s. 3875) ATO tuotantoympäristössä vain osa P:stä perustuu ennusteohjautuvuuteen (Wikner & Rudberg 2005, s. 213–214).

Tilausohjautuvassa suunnittelussa (ETO= Engineer-to-order) suunnitteluprosessi käynnistyy vasta asiakastilauksen perusteella. Puhtaimmillaan tässä tuotantomuodossa täytyy koko suunnitteluprosessi käydä läpi jokaisen tilauksen kohdalla. Tässä toimintaympäristössä tuotantomäärät ovat alhaisia ja tuotantokustannuksia on vaikea ennakoida, koska tuotteet suunnitellaan asiakkaiden tilauksesta. (Haug, Ladeby, Edwars 2009, s. 633–635) Tyypillisesti ETO tilanteessa suunnittelu on merkittävä osa P:tä P/D-suhteessa. (Wikner & Rudberg 2005, s. 213–214) Kuvassa 6. on esitetty tyypillisimmät tuotantomuodot P/D-suhteen mukaan. Kuva on muokattu Wiknerin ja Rudbergin vuonna 2005 esittämästä kuvasta.

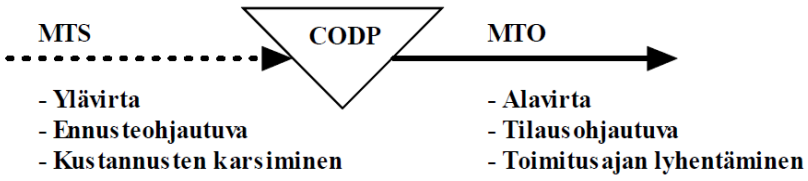


Kuva 6. Tyypillisimmät tuotantomuodot P/D-suhteen mukaan

3.2 Asiakastilauksen kytkentäpiste (CODP)

Asiakastilauksen kytkentäpiste (CODP= Customer order decoupling point) esiteltiin ensimmäisen kerran 1980-luvulla ja sillä on useita määritelmiä. Asiakastilauksen kytkentäpisteellä tarkoitetaan toimitusketjun kohtaa, jossa tuote linkitetään asiakkaan tekemään tilaukseen (Sharman 1984, s. 75). Se on myös kuvattu pisteenä, joka osoittaa, kuinka syvälle materiaalivirtaan asiakastilaus ulottuu (van Donk 2001, s. 298). Asiakastilauksen kytkentäpisteestä käytetään kirjallisuudessa myös termiä tilauksen kohdistamispiste (OPP= Order penetration point) (Olhager 2003, s. 320). Jatkossa käytämme asiakastilauksen kytkentäpisteelle lyhennettä CODP.

CODP:tä edeltävät toiminnot ovat ennusteohjautuvia ja sen jälkeiset toiminnot tilausohjautuvia. Ennusteohjautuvia toimintoja kutsutaan myös ylävirran toiminnoiksi ja tilausohjautuvia taas alavirran toiminnoiksi. (Wikner & Rudberg 2005, s. 211–212) CODP:n mukainen toimintojen jako on esitetty kuvassa 7. Kuva on tehty Hallgrenin ja Olhagerin vuonna 2006 julkaistun artikkelin perusteella.



Kuva 7. Asiakastilauksen kytkentäpiste

Ylävirran prosesseissa keskitytään korkeaan tuottavuuteen ja kustannusten minimointiin. Nämä ovat toiminnan tärkeimpiä ominaisuuksia, kun tuotanto on varasto-ohjautuvaa ja kilpaillaan hinnalla. Ylävirran tuotannolle on ominaista suuret eräkoot, tasainen kysyntä ja pieni lopputuotevariaatioiden määrä. Ylävirran toimintojen tavoitteena on tarjota asiakastilauksen kytkentäpisteeseen tarvittavat tuotteet ja komponentit luotettavasti sekä mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Kilpailukeinoja ylävirran toiminnoissa on hinta, luotettavuus ja laatu. (Hallgren & Olhager 2006, s. 3874)

Alavirran prosesseissa pyritään mahdollisimman joustavaan toimitusketjuun, jossa asiakkaiden vaatimuksiin pystytään vastaaman nopeasti. Tuotteisiin tulevat mahdolliset asiakasspesifikaatiot tehdään toimitusketjussa vasta CODP:n jälkeen. Alavirran tuotannolle on ominaista pienet eräkoot, suuri lopputuotevariaatioiden määrä ja vaihteleva kysyntä. Alavirrassa keskitytään kehittämään prosesseja pyrkimällä mahdollisimman lyhyeen toimitusaikaan ja joustavaan tuotantoon. Kilpailukeinoja alavirran toiminnoissa ovat toimitusaika, kapasiteetin joustavuus, laaja tuotevalikoima sekä laatu. (Hallgren & Olhager 2006, s. 3874–3875)

3.3 Päätöskriteerit

Sopivan tuotantomuodon valintaan vaikuttavat useat eri kriteerit. Jaamme päätöskriteerit markkinatekijöihin, tuotetekijöihin ja tuotantoprosessitekijöihin. Markkinatekijät ja niihin liittyvä vaatimustaso määräytyy täysin asiakkaiden vaatimusten pohjalta. Tuotetekijät käsittelevät tuotteen ominaisuuksia sekä rakennetta ja tuotantoprosessitekijät taas liittyvät valmistusprosesseihin. (Olhager 2003, s. 321)

3.3.1 Markkinatekijät

Markkinoiden vaatimat toimitusaikavaatimukset (D) määräävät, kuinka pitkälle ylävirtaan CODP:n voi asettaa. Toimitusaikavaatimukset asettavat myös tavoitearvot toimitusajoille ja tuotannon läpimenoajoille. Tuotevalikoiman suuruudella ja asiakaskohtaisilla tuotevaatimuksilla on samankaltaisia vaikutuksia tuotantomuodon valintaan. Kapea tuotevalikoima ja ennalta määrätyt lopputuotevaihtoehdot mahdollistavat MTS:n käytön. Laaja tuotevalikoima ja vaatimukset tuotteen asiakaskohtaiseen muokkaamiseen on kannattavaa toteuttaa MTO:lla. (Olhager 2003, s. 321)

Kysyntä ja kysynnän hajonta määräytyvät asiakastilausten koon ja niiden tiheyden perusteella. Kysynnän hajonta osoittaa, missä suhteessa tuotetta kannattaa valmistaa varastoon. Matala hajonta tarkoittaa, että tuotetta on mahdollista tehdä MTS:lla, koska kysyntä pysyy jatkuvasti tasaisena. Korkea hajonta vaikeuttaa kysynnän ennustamista ja suosii näin MTO:ta. Kysynnän hajonnasta ja keskimääräisen kysynnän suhteesta saadaan laskettua variaatiokerroin. Kysyntä kasvaa tuotteen elinkaaren alkuvaiheessa ja lähtee laskuun elinkaaren loppupuolella. Nämä voivat aiheuttaa muutoksia esimerkiksi toimitusajassa sekä hinnassa ja vaikuttaa näin tuotantomuodon valintaan. Jos tuotteen kysyntä on kausiluontoista, voi yritykselle aiheutua ongelmia vastata siihen MTO:lla. Tämän kaltaisessa tilanteessa yrityksen kannattaa varautua kysyntäpiikkiin varastoimalla ainakin osaa tuotteista tai niiden komponenteista. (Olhager 2003, s. 321)

3.3.2 Tuotetekijät

Tuotteen modulaarisuudella pyritään vastaamaan erilaisiin asiakastarpeisiin. Sen avulla pystytään lisäämään lopputuotevariaatioita ja siirtämään CODP:tä ylävirtaan ilman, että toimitusaika merkittävästi pitenee. Modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa siirtymisen tilausohjautuviin tuotantomuotoihin, kuten ATO:hon ja MTO:hon. Tuotteen muokkausmahdollisuudet asiakkaan vaatimusten perusteella vaikuttavat tuotantomuodon valintaan. Jos asiakkaan muokkausmahdollisuudet ulottuvat tuotantoprosessin alkuun, kannattaa yrityksen käyttää MTO:ta. Jos taas muokkausmahdollisuudet ulottuvat tuotantoprosessin myöhäisempiin vaiheisiin, kannattaa yrityksen siirtyä ATO:hon tai MTS:n käyttöön. (Olhager 2003, s. 321)

Nimikkeiden lukumäärää tuoterakenteiden eri tasoilla voidaan kuvata erilaisilla kirjaimilla, joiden ala-, keski- ja yläosat kuvaavat raaka-aineiden, osakomponenttien ja lopputuotteiden lukumäärää. Tuoterakenteita kuvataan VATX- luokittelulla. Yleisin vaihtoehto on V-rakenne, jossa pienestä komponenttien määrästä tehdään useita lopputuotevariaatioita. Tuotantomuodoista MTO soveltuu tähän tuoterakenteeseen parhaiten. A-rakenteessa taas suuresta komponenttien määrästä tehdään rajallinen määrä lopputuotteita. MTS on paras tuotantomuoto tähän tuoterakenteeseen. T-rakenteessa samankaltaisista komponenteista saadaan suuri määrä lopputuotevariaatioita esimerkiksi tuotteen viimeistelyn tai pakkauksen avulla. X-rakenteessa suuresta raaka-aineiden määrästä saadaan rajallinen määrä

osakomponentteja, joista taas kootaan useita lopputuotteita. Paras tuotantomuoto tässä rakenteessa on ATO, jossa CODP on ennen lopputuotteen kokoamisen aloittamista. Tuoterakenteen monimutkaisuus vaikuttaa myös tuotantomuodon valintaan. Tuotteilla, joilla on monimutkainen tuoterakenne, tuotannon läpimenoaika on usein pitkä ja tuotantoprosessiin sitoutuu runsaasti pääomaa. Näistä johtuen monimutkainen tuoterakenne suosii MTO:n valintaa tuotantomuodoksi. (Olhager 2003, s. 322)

3.3.3 Tuotantoprosessitekijät

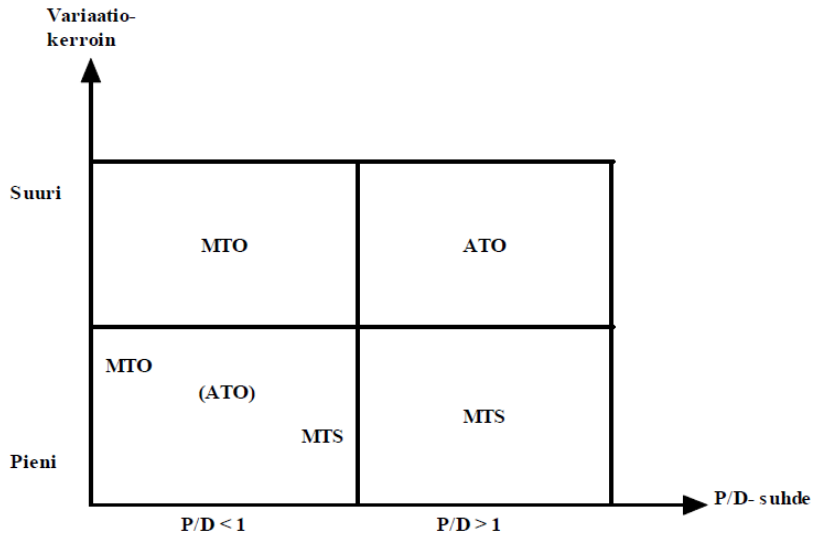
Tuotantoaika (P) on merkittävin tuotantoprosessitekijä. Se täytyy saada vastaamaan markkinoiden vaatimuksia. Tuotantoajan ja markkinoiden vaatiman toimitusajan suhde on P/D-suhde. Tuotannon suunnittelupisteet tarkoittavat työpistettä, tuotantosolua tai muuta yhtenä kokonaisuutena toimivaa tuotannon osaa. Suunnittelupistettä ei voi jakaa ja sen sisältämiä prosesseja tulee käsitellä yhtenä kokonaisuutena. CODP:tä ei voida sijoittaa suunnittelupisteen sisälle, vaan se tulee asettaa joko ennen suunnittelupistettä, tai sen jälkeen. Mahdolliset valmistusprosessin sisäiset asetusajat tulee myös huomioida CODP:n asettamisessa. Sisäiset asetusajat voivat muodostua pullonkaulatekijöiksi ja hidastaa tuotantoa, minkä vuoksi ne kannattaa sijoittaa CODP:n ylävirtaan. Näin pystytään minimoimaan niiden toimitusaikaa pidentävä vaikutus. (Olhager 2003, s. 322)

Tuotannon joustavuus on MTO:n edellytys. Joustava tuotanto mahdollistaa laajemman lopputuotevalikoiman ja tuotteen asiakaskohtaisen muokkaamisen. On tärkeää tunnistaa tuotantoprosessin pullonkaulatekijät. Pullonkaulatekijää voidaan käsitellä usealla eri tavalla. Käsittelytapa riippuu tekijän ominaisuuksista ja yrityksen tavoitteista. Jos pyritään mahdollisimman alhaisiin varastotasoihin, tulee CODP asettaa niin, että pullonkaula jää ylävirtaan. CODP voidaan myös asettaa pullokaulatekijän kohdalle. Tämä tulee kyseeseen, jos pullokaulana on valmistusprosessin kriittisiä osia ja siellä valmistettaviin komponentteihin sitoutuu runsaasti pääomaa. (Olhager 2003, s. 322)

3.4 Malli tuotantomuodon valitsemiseen

Toinen merkittävä tekijä tuotantomuodon valinnassa P/D- suhteen lisäksi on variaatiokerroin (cv), joka määritellään kysynnän keskihajonnan ja keskimääräisen kysynnän suhteena.

Variaatiokerroin on esitetty kaavamuodossa seuraavasti: $cv = \frac{\sigma}{D}$, jossa σ= keskihajonta ja D= keskimääräinen kysyntä. Tyypillisesti matala variaatiokerroin korreloi korkean kysynnän kanssa. Asetettaessa kyseiset tekijät malliin, jossa niiden arvot voivat vaihdella pienestä suureen, saadaan muodostettua nelikenttä tuotantomuodon valitsemiseen. (Olhager 2003, s. 326–327) Kuvassa 8. on esitetty malli tuotantomuodon valitsemiseen.



Kuva 8. Malli tuotantomuodon valitsemiseen (Olhager 2003)

P/D-suhteen ollessa yksi, tulee arvioida voidaanko tuotantoa viivästyttää asiakastilauksen saapumiseen saakka. Jos koko tuotantoprosessia ei ole mahdollista viivästyttää, tulee ainakin osa toiminnoista tapahtua ennusteohjautuvasti. (Olhager 2003, s. 326)

P/D-suhteen ollessa alle yksi, MTO tulee mahdolliseksi. Toisaalta haettaessa mittakaavaetuja, voidaan funktionaalisia perustuotteita valmistaa varastoon. Tätä näkökulmaa voidaan pohtia tarkastelemalla variaatiokertoimen suuruutta. Jos cv on suhteellisen alhainen, voidaan harkita ATO:n valintaa. Todella alhaisella cv:n arvoilla voi myös MTS ratkaisu tulla kysymykseen. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka P/D-suhde sallisi asiakasohjautuvan tuotannon, voi yritys valita varasto-ohjautuvan tuotannon hakiessaan suurtuotannon etuja. Suurilla cv:n arvoilla MTO ratkaisu on luonnollinen valinta. (Olhager 2003, s. 326)

Tilanteessa, jossa P/D-suhde on suurempi kuin yksi, tulee osa toiminnasta olla ennusteohjautuvaa. Tässä tilanteessa MTO:n mukainen toimintamuoto ei ole mahdollinen,

vaan tuotantomuoto tulee valita ATO:n ja MTS:n väliltä. Variaatiokertoimen ollessa suuri, ei ole mielekästä valita tuotantomuodoksi MTS:ää, koska tämä johtaisi korkeisiin varastotasoihin. Tällöin tuotantomuodoksi tulee valita ATO. (Olhager 2003, s. 326)

Kun P/D-suhdetta ja cv:tä hyväksikäyttämällä on määritetty sopiva neljännes mallista, tulee valita oikea CODP:n paikka. Valinnassa tulee pyrkiä minimoimaan ennusteohjautuvien nimikkeiden lukumäärä, kuitenkin niin, että mittakaavaedut tulevat hyödynnetyiksi mahdollisimman tehokkaasti. Rajoituksena on, että MTO nimikkeet tulee pystyä toimittamaan vaaditun toimitusajan puitteissa. Ongelmallisia ovat korkean cv:n nimikkeet, joita ei pystytä toimittamaan vaaditun toimitusajan sisällä. Toisaalta alhaisen cv:n nimikkeet toimitusajan sisällä ovat hyviä mahdollisuuksia tuottavuuden lisäämisessä. (Olhager 2003, s. 326)

3.5 Varastointikustannukset

Jatkuva tuotanto vaatii, että tarvittavia komponentteja on tarvittaessa saatavilla. Varastonhallinnassa tulee päättää mitä nimikkeitä varastoidaan ja mitä tilataan vasta tarpeen tullen. Varastointikustannukset syntyvät tilaus- ja varastonpitokustannuksista. Kun tilataan harvoin suuria eriä, ovat tilauskustannukset pieniä ja varastointikustannukset suhteellisen suuria. Kun taas tilataan usein pieniä eriä, ovat tilauskustannukset suuria ja varastonpitokustannukset suhteessa pienempiä. Tilauskustannukset ovat tilausten käsittelykustannuksia. Niitä laskettaessa täytyy ensin laskea tilausten lukumäärä jakamalla kysyntä (D) tilauseräkoolla (Q). Tämä kerrotaan tilauksen käsittelykustannuksella (S). Varastonpitokustannukset saadaan kertomalla varastonpitokustannusprosentti (i) keskimääräisellä varastotasolla. Keskimääräinen varastotaso lasketaan jakamalla tilauserä kahdella ja kertomalla se komponentin yksikköhinnalla (C). Näin kokonaiskustannusten kaavaksi saadaan: $TC = \frac{D}{Q} \times S + \frac{Q}{2} \times C \times i$. (Van Weele 1994, s. 127–128)

4 TUOTANTOMUODON VALINTA TOIMINTAYMPÄRISTÖSSÄ

Tässä kappaleessa käsittelemme tuotantomuodon valintaa määrittämässämme toimintaympäristössä. Ensin analysoimme tuotantomuodon valintaa esittämiemme päätöskriteereiden perusteella ja esitämme suositukset tuotantomuodon valinnalle. Lopuksi tarkastelemme toimintaympäristöön parhaiten soveltuvaa tuotantomuotoa Olhagerin mallin avulla.

4.1 Päätöskriteereiden perusteella

Tarkastelemme metsäkoneita valmistavan yrityksen markkina-, tuote- ja tuotantoprosessitekijöihin sisältyviä päätöskriteereitä. Analysoimme erikseen jokaista päätöskriteeriä ja tutkimme, mille tuotantomuodolle se sopii parhaiten. Esitämme jokaisen luvun lopussa suosituksen tuotantomuodon valintaan kyseisten kriteerien perusteella.

4.1.1 Markkinatekijät

Suurissa tilauksissa asiakkaiden odottama toimitusaika on pitkä, jopa useampia kuukausia. Pienien tilauksien toimitusaika vaihtelee kolmen ja neljän viikon välillä. Koska tuotannon läpimenoaika ja kuljetusaika ovat useimmissa tapauksissa lyhyempiä, kuin asiakkaan odottama toimitusaika, kannattaa tuotanto suorittaa tilausohjautuvasti. Tällöin CODP voidaan asettaa komponenttihankintoihin.

Yritys toimittaa lopputuotteitaan markkina-alueille ympäri maailmaa. Asiakkaat käyttävät koneita erilaisissa ympäristöissä ja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tämän vuoksi asiakkaat vaativat yritykseltä useita eri lopputuotevariaatioita ja tarve koneen asiakaskohtaiselle muokkaukselle on suuri. Useat lopputuotevariaatiot ja tarve asiakaskohtaiseen muokkaukseen tekevät yksittäisen lopputuotevariaation kysynnästä pientä ja satunnaista. Tämän vuoksi yksittäisen koneen kysynnän hajonta on suuri ja kysynnän ennustaminen vaikeaa. Harvesterien ja kuormatraktoreiden kysynnässä ei ole nähtävissä selvää kausiluonteisuutta.

Suhteellisen pitkä toimitusaika, useat lopputuotevariaatiot, tarve asiakaskohtaiselle muokkaukselle ja yksittäisen lopputuotteen kysynnän suuri hajonta suosivat kaikki

tuotantomuodon valinnassa MTO:ta. Lopputuotteiden tasainen kokonaiskysyntä mahdollistaa jatkuvan MTO:n käytön ilman, että varastotasoja joudutaan edes hetkellisesti nostamaan. Markkinatekijöitä analysoimalla saadaan yritykselle soveltuvimmaksi tuotantomuodoksi MTO.

4.1.2 Tuotetekijät

Koneet kasataan moduuleista. Tuotteiden modulaarisuus pyritään ottamaan huomioon erityisesti uusien koneiden suunnittelussa. Modulaarisuudella pyritään lyhentämään tuotantoaikaa ja vähentämään varastoinnin tarvetta. Sillä myös mahdollistetaan MTO:n ja ATO:n käyttö. Asiakas voi vaikuttaa haluamansa koneen rakenteeseen ja ominaisuuksiin tuotantoprosessin alusta saakka. Tässä on apuna tilausten tekemisessä käytettävä sähköinen päätöspuumalli. Asiakkaan vaikutusmahdollisuuksien ja markkina-alueiden erilaisten tarpeiden vuoksi yrityksellä on useita eri lopputuotevariaatioita. Lopputuotteella on monimutkainen tuoterakenne, minkä vuoksi sen valmistukseen ja varastointiin sitoutuu runsaasti pääomaa. Loppukokoonpanossa käytettävät osakomponentit ovat kalliita, minkä takia kaikkien niiden varastointi ei ole kannattavaa. Osa komponenteista hankitaankin vasta asiakastilauksesta.

Yrityksen lopputuotteiden tuoterakennetta kuvaa parhaiten X-rakenne, jossa suuresta määrästä raaka-aineita muodostetaan rajallinen määrä osakomponentteja. Eri osakomponenteista voidaan kasata suuri määrä lopputuotteita. X:n alaosa on ulkoistettu alihankkijoille ja yläosa on yrityksen suorittamaa kokoonpanoa. Yritys kokee tuoterakenteen V:n mallisena.

Tuotteen modulaarisuuden vuoksi tuotantomuotona pystytään käyttämään joko MTO:ta tai ATO:ta. Asiakkaan vaikutusmahdollisuudet lopputuotteeseen ja lopputuotteen monimutkainen tuoterakenne suosivat MTO:ta. Vaikka tuoterakennetta kuvaavan X-rakenteen perusteella valittava tuotantomuoto on ATO, niin yrityksen kokema V-rakenne tekee MTO:sta paremman valinnan. Vaikka tuotteen modulaarisuus mahdollistaa sekä MTO:n, että ATO:n käytön tuotantomuotona, rajaavat muut tuotetekijät MTO:n kannattavammaksi vaihtoehdoksi.

4.1.3 Tuotantoprosessitekijät

Yritys on panostanut paljon tuotantoprosessin tehostamiseen. Tuotantoprosessin läpimenoajan lyhentäminen on edellytys tilausohjautuvalle tuotannolle. Koska metsäkoneet koostuvat yli 2 000 eri osasta, täytyy osakomponenttien valmistuksessa käyttää alihankkijoita, jotka saattavat varastoida osakomponentteja puolivalmiina tai täysin valmiina. Asiakasvaatimusten takia usein myös alihankkijat joutuvat valmistamaan komponentit tilausten perusteella. Ilman alihankkijoiden käyttöä tuotantoaika (P) kasvaisi liian suureksi.

Tuotantoprosessin sisällä voidaan havaita hitsausrobottisolujen muodostavan mahdollisen pullonkaulatekijän. Jos CODP:tä lähdettäisiin sijoittamaan tuotantoprosessin sisälle, tulisi kyseisen hitsaustoiminto sijoittaa ylävirtaan. Voidaan kuitenkin ajatella, että koko tuotantoprosessi on yksi kokonaisuus, jota ei tulisi jakaa. Tätä ajatusta tukee lyhyt tuotannon läpimenoaika, jota yritys pyrkii jatkuvasti lyhentämään. Tällöin CODP tulisi asettaa ennen koko tuotantoprosessia, mikä tarkoittaa käytännössä MTO:ta.

4.2 Mallin perusteella

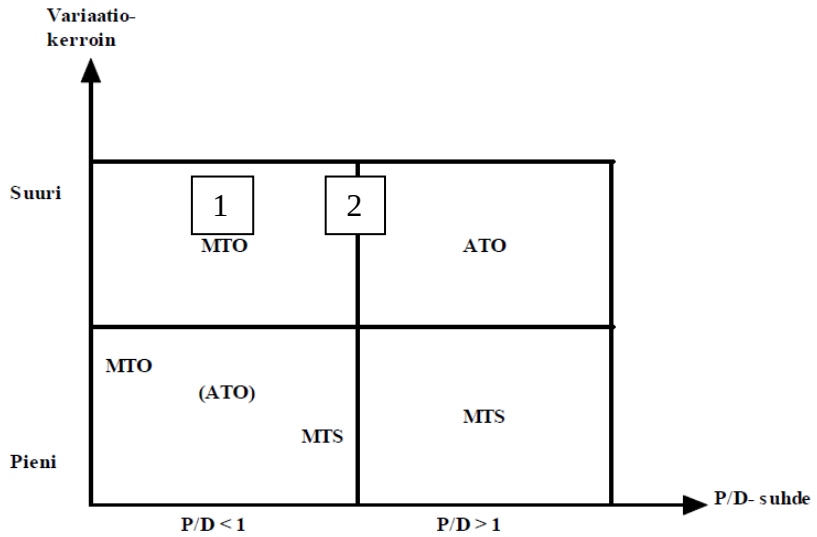
Koska harvestereita ja kuormatraktoreita voidaan pitää investointihyödykkeinä, ei niiden hankinnan tarve tule asiakkaalle yllättäen. Varsinkin suuremmissa tilauksissa asiakkaat tekevät tilauksen kuukausia ennen varsinaista tarvetta. Lopputuotteen luonteen ja yrityksen tekemien kyselyjen perusteella voidaan olettaa, että asiakkaat ovat usein valmiita odottamaan tuotetta pidempään kuin koneen tuotantoaika (P) kestää. Markkinoiden vaatiman toimitusajan (D) selvittäminen ei kuitenkaan ole yksinkertaista. Tämän takia voidaankin kyseenalaistaa, miten hyvin yrityksen laatimien kyselyjen tulokset kuvaavat todellista markkinoiden vaatimaa toimitusaikaa. Edellisten oletusten perusteella D on suurempi kuin P, mistä seuraa, että P/D-suhde on pienempi kuin yksi. Tällöin yritys sijoittuu tuotantomuodon valintamallissa vasemmalle puolelle, jossa MTO tulee mahdolliseksi tuotantomuodoksi.

Pienemmissä tilauksissa yritys on huomannut asiakkaiden odottavan tuotetta nopeammalla toimitusajalla. Tällöin lähestytään tilannetta, jossa $P/D \approx 1$. Tässä tilanteessa tulee harkita, voiko osa toiminnasta tapahtua ennusteohjautuvasti. Eräs mahdollinen ratkaisu on, että ns. standardimallin kokoamiseen tarvittavia osia pidetään varastokomponentteina, minkä ansiosta

vaadittuun toimitusaikaan voidaan paremmin vastata. Oletuksena on, että standardimalli on suunniteltu vastaamaan pienten tilausten tarpeisiin.

Koska lopputuotevariaatioita on paljon, yksittäisen lopputuotteen kysyntä on pieni ja kysynnän hajonta on suuri. Tällöin variaatiokertoimeksi saadaan suuri arvo. Erilaisten runkojen perusteella tehdyn jaon mukaan lopputuotteita on 30 erilaista. Todellisuudessa asiakkaan tekemät muokkaukset ja osakomponenttivalinnat nostavat lopputuotevariaatioiden määrää huomattavasti. Oletetaan, että tehtaan 6 kappaleen keskimääräinen päiväkysyntä jakaantuu tasaisesti kaikille 30 lopputuotevariaatiolle, jolloin yhden lopputuotteen päiväkysynnäksi saadaan 0,2. Simuloimalla yksittäisen lopputuotteen päiväkysyntää 1 000 päivän ajan välillä 0-0,4, saadaan keskihajonnaksi 0,142. Tällöin variaatiokertoimeksi saadaan $cv = \frac{0{,}142}{0{,}2} = 0{,}71$, joka voidaan luokitella suureksi.

Koska P/D on pienempi kuin 1 ja variaatiokerroin on suuri, sijoittuu yritys tuotantomuodon valintamallissa MTO sarakkeeseen. Asiakkaiden vaatiman toimitusajan perusteella voidaan erottaa kaksi tapausta. Ensimmäisessä tapauksessa (1.), jossa asiakkaat ovat valmiita odottamaan tuotteitaan pidempään, ollaan selvemmin MTO sarakkeessa. Toisessa tapauksessa (2.), jossa asiakkaat odottavat toimitusta nopeammin ollaan MTO:n ja ATO:n rajalla. Kuvassa 9. on esitetty molempien tilanteiden sijoittuminen tuotantomuodon valintamalliin.



Kuva 9. Yrityksen sijoittuminen tuotantomuodon valintamalliin

5 JAKO TILAUS- JA VARASTOKOMPONENTTEIHIN

Varastoinnin kokonaiskustannuksia hyväksikäyttäen tarkastelemme esimerkkilaskelman avulla standardi- ja erikoiskomponenttien jakoa tilaus- ja varastokomponentteihin. Lisäksi esittelemme ehdotuksemme harvesterin viiden pääkomponentin jakamisesta tilaus- ja varastokomponentteihin. Ehdotuksemme esitellään CODP-rajana harvesterin tuoterakenteessa. Varastoitavista pääkomponenteista on tarkoitus pystyä kokoamaan ns. standardimallinen harvesteri, jonka toimitusaika asiakkaalle on muita koneita lyhyempi.

5.1 Standardi- ja erikoiskomponenttien luokittelu

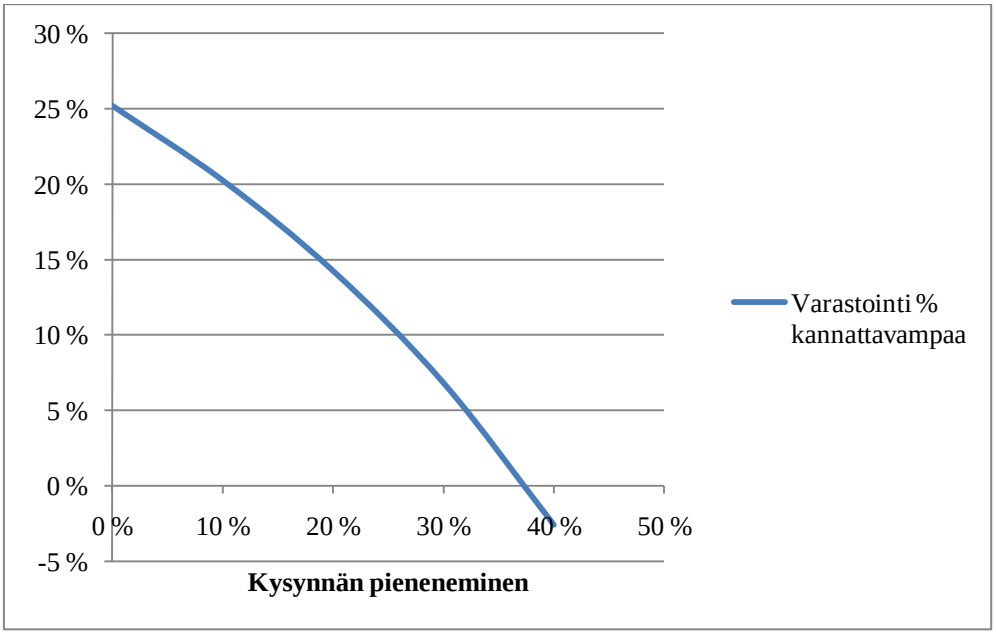
Pääkomponenttien lisäksi kokoonpanossa käytetään lukuisia varastoitavia standardikomponentteja ja asiakastilauksesta alihankkijoilta tilattavia erikoiskomponentteja. Usein erikoiskomponentit valmistetaan asiakkaan vaatimusten mukaisiksi. Seuraavan yksinkertaistetun laskuesimerkin tarkoituksena on luoda suuntaa antava raja, joka kuvaa missä tilanteessa standardikomponenttien tilausohjautuvuus muuttuu kannattavaksi. Toisen rajan tarkoituksena on kuvata, missä tilanteessa erikoiskomponenttien varastointi tulee kannattavaksi. Tarkastellaan varastoinnin kokonaiskustannusten muodostumista standardi- ja erikoiskomponenteilla. Varastoinnin kustannuksia arvioitaessa käytetään varastointikustannusten kaavaa: $TC = \frac{D}{Q} \times S + \frac{Q}{2} \times C \times i.$ Oletuksena on, että varastokomponenttien tilauseräkoko (Q_V) vastaa kuukauden kysyntää ja tilauskomponenttien tilauseräkoko (Q_T) vastaa viikon kysyntää. Varastonpitokustannusprosentiksi (i) oletetaan 25 % ja tilauksen kustannukseksi (S) 50 €/tilaus. Standardikomponenttien yksikkökustannuksiksi (C_S) oletetaan 10 €/kpl ja erikoiskomponenttien yksikkökustannuksiksi (C_E) oletetaan 1 000 €/kpl. Lähes kaikissa lopputuotteissa käytettävien standardikomponenttien vuosikysynnäksi (D_S) oletetaan 15 600 kpl/a ja asiakkaiden vaatimusten mukaan tehtyjen erikoiskomponenttien vuosikysynnäksi (D_E) oletetaan 4 680 kpl/a.

5.1.1 Standardikomponentit

Tarkastellaan ensin tilannetta, jossa standardikomponentti valitaan varastokomponentiksi. Standardinimikkeiden tilauseräkooksi (Q_{VS}) saadaan 1 300 kpl/tilaus. Tällöin

kokonaiskustannuksiksi muodostuu $TC_{VS} = \frac{15600\frac{kpl}{a}}{1300\frac{kpl}{tilaus}} \times \frac{50€}{tilaus} + \frac{1300\ kpl/tilaus}{2} \times \frac{10€}{kpl} \times 0{,}25 = 2\,225\frac{€}{a}$. Tilanteessa, jossa standardikomponentti valitaan tilauskomponentiksi, tilauseräkooksi (Q_{TS}) saadaan 300 kpl/tilaus. Tällöin kokonaiskustannuksiksi muodostuu $TC_{TS} = \frac{15600\ kpl/a}{300\ kpl/tilaus} \times 50\frac{€}{tilaus} + \frac{300\ kpl/tilaus}{2} \times 10\frac{€}{kpl} \times 0{,}25 = 2\,975\ €/a.$ Esimerkissä standardikomponenttien varastoiminen on 25 % edullisempaa, verrattuna niiden pitämiseen tilauskomponentteina. Säästö saadaan aikaan vähentämällä tilauksista aiheutuvia kustannuksia. Halpojen ja suurivolyymisten nimikkeiden valitseminen varastokomponenteiksi on perusteltua myös siksi, että varastoinnilla voidaan estää kyseisten nimikkeiden muodostuminen pullonkaulatekijöiksi.

Tarkastellaan vuosikysynnän muutoksen vaikutusta standardikomponentin tilausohjautuvuuden kannattavuuteen. Kaaviossa 1. on esitetty kuinka paljon vuosikysynnän tulisi laskea, jotta tilausohjautuvuus ja varastointi olisivat kustannuksiltaan yhtä edulliset vaihtoehdot. Pystyakselilla on kuvattu, kuinka monta prosenttia edullisempaa komponenttien varastoiminen on tilausohjautuvuuteen verrattuna.



Kaavio 1. Vuosikysynnän muutoksen vaikutus tilausohjautuvuuden kannattavuuteen

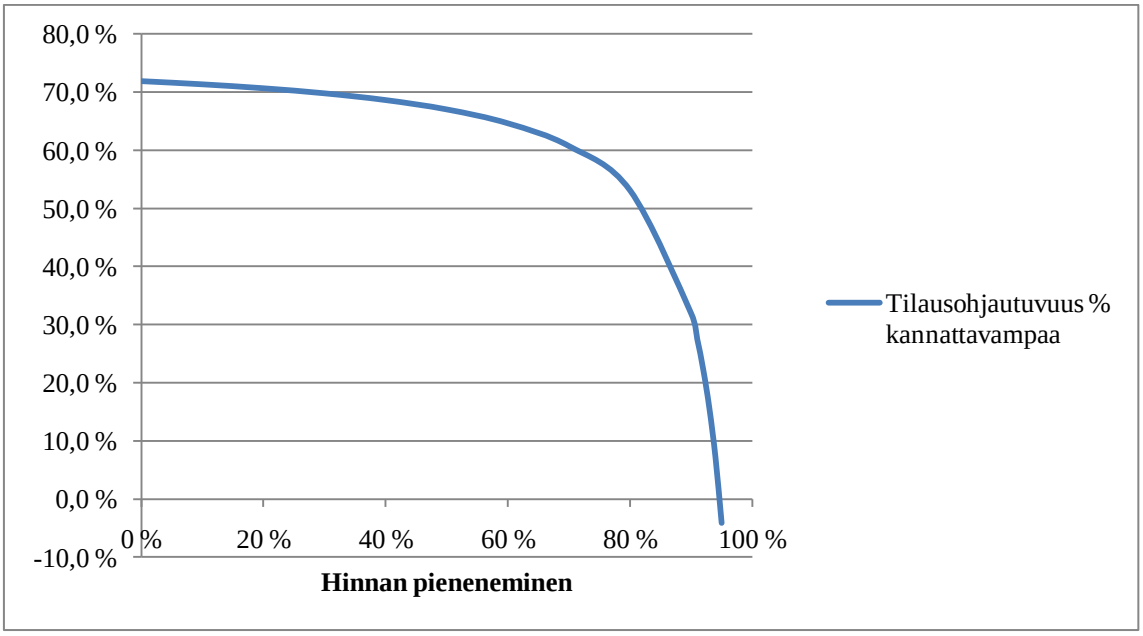
Käyrän ja vaaka-akselin leikkauspisteessä tilausohjautuvuus ja varastointi ovat yhtä edullisia vaihtoehtoja standardikomponentille. Tällöin vuosikysyntä on laskenut 37 % alkuperäiseen

15 600 kappaleen kysyntään verrattuna. Tällöin standardikomponenttien vuosikysyntä on 9 788 kappaletta. Laskelmasta voidaan todeta, että tilausohjautuvuus on taloudellisesti kannattavaa standardinimikkeille, joiden kysyntä on pienempi kuin 9 788 kpl/a. Käytännössä tämä tarkoittaa, että näitä nimikkeitä tilattaisiin kerran viikossa.

5.1.2 Erikoiskomponentit

Erikoiskomponenttien varastoinnin tapauksessa tilauseräkooksi (Q_{VE}) saadaan 390 kpl/tilaus. Tällöin kokonaiskustannuksiksi muodostuu $TC_{VE} = \frac{4680\ kpl/a}{390\ kpl/tilaus} \times 50 \frac{€}{tilaus} + \frac{390\ kpl/tilaus}{2} \times 1000 \frac{€}{kpl} \times 0{,}25 = 49\,350\ €/a$. Tällöin varastonpitokustannukset muodostavat suurimman osan kokonaiskustannuksista. Tilanteessa, jossa erikoisnimikkeitä pidetään tilauskomponentteina, tilauseräkooksi (Q_{TE}) saadaan 90 kpl/tilaus. Tällöin kokonaiskustannuksiksi muodostuu $TC_{TE} = \frac{4680\ kpl/a}{90\ kpl/tilaus} \times 50 \frac{€}{tilaus} + \frac{90\ kpl/tilaus}{2} \times 1000 \frac{€}{kpl} \times 0{,}25 = 13\,850\ €/a$. Valitsemalla erikoisnimikkeet tilauskomponenteiksi, voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Erikoisnimikkeiden pitäminen tilauskomponentteina on 72 % edullisempaa, verrattuna niiden varastoimiseen.

Tarkastellaan erikoiskomponentin hinnan muutoksen vaikutusta varastoinnin kannattavuuteen. Komponentin hinnan laskeminen vähentää varastonpitokustannuksia ja varastointi muuttuu kannattavammaksi. Kaaviossa 2. on esitetty kuinka paljon erikoisnimikkeen hinnan tulisi laskea, jotta varastointi ja tilausohjautuvuus olisivat kustannuksiltaan yhtä edulliset vaihtoehdot. Pystyakselilla on kuvattu, kuinka monta prosenttia edullisempaa komponenttien tilausohjautuvuus on varastointiin verrattuna.



Kaavio 2. Hinnan muutoksen vaikutus varastoinnin kannattavuuteen

Käyrän ja vaaka-akselin leikkauspisteessä varastointi ja tilausohjautuvuus ovat yhtä edullisia vaihtoehtoja erikoiskomponentille. Tässä pisteessä hinta on pienentynyt 95 % alkuperäiseen 1 000 € yksikköhintaan verrattuna. Tällöin yksikköhinta on 54 €. Laskelmasta voidaan todeta, että varastointi on taloudellisesti kannattavaa erikoisnimikkeille, joiden hinta on alle 54 €/kpl. Käytännössä tämä tarkoittaa, että näitä nimikkeitä tilattaisiin kerran kuukaudessa. Laskelman mukaan suurin osa erikoisnimikkeistä kannattaa pitää tilausohjautuvana.

5.2 Harvesterin pääkomponenttien luokittelu

Tarkastellaan seuraavaksi harvesterin pääkomponenttien jakautumista varasto- ja tilauskomponentteihin. Kriteereinä harvesterin pääkomponenttien luokitteluun olemme käyttäneet samoja päätöskriteereitä, kuin tuotantomuodon valinnassa.

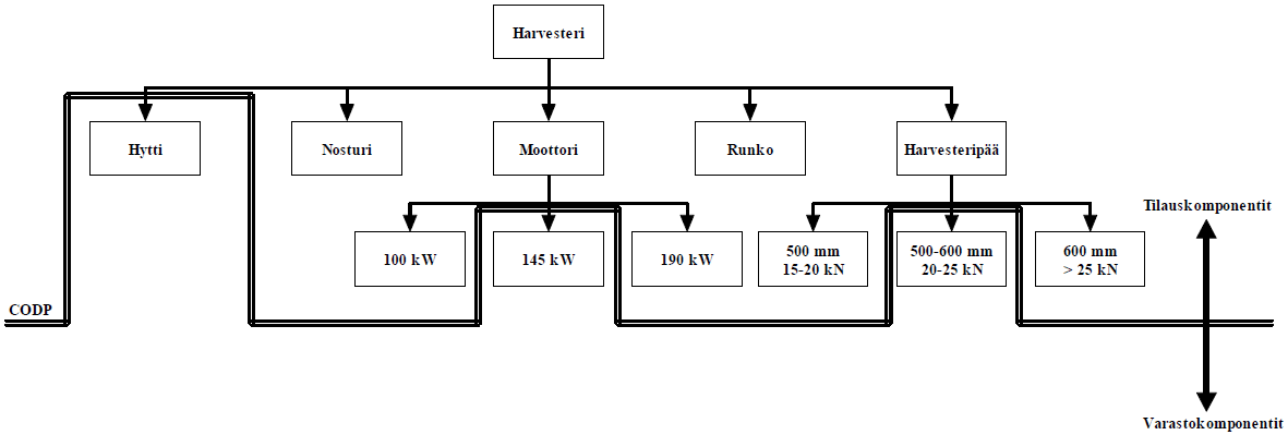
Hytti on harvesterin pääkomponenttien edullisin osa. Harvestereissa käytettäviä hyttimalleja on kahta erilaista, joista toista mallia käytetään pienemmille ja toista suuremmille koneille. Harvesterien lisäksi toista hyteistä voidaan käyttää myös kuormatraktoreihin. Ruotsalaisen alihankkijan toimitusaika vaihtelee 10–15 päivän välillä. Hytit toimitetaan tehtaalle osissa, mikä vähentää niiden tarvitsemaa varastotilaa ja helpottaa niiden käsittelyä. Koska hyttien kysyntä on suuri ja niiden varastointikustannukset ovat hyväksyttävät, olemme valinneet hytin varastokomponentiksi.

Nosturi on kallis harvesterin osa, joita on useita eri kokoja riippuen harvesterin koosta. Tämän vuoksi yksittäisen nosturimallin kysyntää on vaikea ennustaa. Nopeimmillaan nosturi saadaan tehtaalle viikon kuluttua tilauksesta. Nosturin varastointikustannukset olisivat huomattavan korkeat, koska erilaisia nosturivaihtoehtoja on monia ja niiden yksikköhinta on suuri. Tämän takia olemme valinneet nosturin tilauskomponentiksi.

Ranskan tehtaalta toimitettavien moottorien toimitusaika vaihtelee reilusta viikosta kolmeen viikkoon. Moottoreita on kolmea eri kokoluokkaa. Keskimmäinen 145 kW moottori on suosituin ja se soveltuu lähes kaikkien harvesterimallien lisäksi useisiin kuormatraktoreihin. Tämän vuoksi olemme valinneet 145 kW moottorin varastokomponentiksi.

Runkojen toimitusaika on saatu lyhennettyä alle viikkoon tiettyihin runkomalleihin erikoistuneiden alihankkijoiden avulla. Koska erilaisia runkomalleja on 30 ja niiden toimitusaika on lyhyt, olemme valinneet ne tilauskomponenteiksi.

Harvesteripää on harvesterin kallein ja tärkein osa. Katkaisumitan ja syöttövoiman perusteella harvesteripäät jaetaan päätehakkuu-, harvennus- ja monikäyttöpäihin. Syöttövoimaltaan 20–25 kN:n monikäyttöpäät soveltuvat useisiin eri lopputuotevariaatioihin. Tämän vuoksi olemme valinneet kyseisen harvesteripään varastokomponentiksi. Kuvassa 10. on esitetty asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittuminen harvesterin tuoterakenteeseen.



Kuva 10. Asiakastilauksen kytkentäpiste harvesterin tuoterakenteessa

Varastokomponenteista koottavalla standardiharvesterilla pyritään vastaamaan tuotantomuodon valintamallissa esille tulleeseen tilanteeseen, jossa sijaitaan MTO:n ja ATO:n

rajalla. Tällöin asiakkaan odottama toimitusaika on lyhyempi. Standardiharvesterin tilauskomponentit ovat nosturi ja runko. Standardimallissa käytetyn nosturin toimitusaika on viikko ja rungolla se on alle viikon. Tällöin standardimallin toimitusaika saadaan alennettua parhaimmillaan reiluun kolmeen viikkoon, mikä vastaa hyvin asiakkaiden odottamaa toimitusaikaa kyseisessä tilanteessa.

6 RATKAISUN ARVIOINTI

Teorioiden hyödyntäminen vaati oletuksien tekemistä toimitusaikojen suhteen. Oletuksia on tehty alihankkijoiden toimitusajoissa, lopputuotteiden kuljetusajoissa ja markkinoiden vaatimissa toimitusajoissa. Kaikkia edellä mainittuja oletuksia käytettiin P/D-suhdetta laskettaessa. Alihankkijoiden toimitusaikoja hyödynnettiin harvesterin pääkomponenttien luokittelussa varasto- ja tilauskomponentteihin. Vaikka oletetuissa toimitusajoissa tapahtuisi muutoksia, ne eivät merkittävästi vaikuta tuotantomuodon valintaan. Jos tuotantoaika (P) kasvaa toimitusajan (D) pysyessä ennallaan, siirrytään tuotantomuodon valintamallin mukaan kohti ATO:ta. Jos asiakkaan vaatima toimitusaika (D) pienenee, siirrytään myös kohti ATO:ta. Rajatapauksissa muut päätöskriteerit kuitenkin puoltavat MTO:n valintaa tuotantomuodoksi. Muutokset alihankkijoiden toimitusajoissa voivat vaikuttaa harvesterin pääkomponenttien luokitteluun. Jos tilauskomponenttien toimitusajat pitenevät, voi niiden varastointi tulla kannattavaksi. Toisaalta varastokomponenttien toimitusaikojen lyheneminen voi mahdollistaa kyseisten komponenttien tilausohjautuvuuden.

Mallin ja päätöskriteereiden hyödyntäminen edellyttää lopputuotteiden kysynnän ja kysynnän hajonnan arviointia. Lopputuotteiden kysynnän on oletettu jakautuvan tasaisesti koko vuodelle. Jos kysynnässä olisi havaittavissa kausiluonteisuutta, tulisi tämä ottaa huomioon tuotannonsuunnittelussa. Kysynnän hajontaa on arvioitu lopputuotteiden kysyntää simuloimalla. Mallia hyödynnettäessä tulee yksittäisen lopputuotteen päiväkysyntää tarkentaa. Todellisuudessa lopputuotteen kysynnän hajonta on esimerkkitapaustamme suurempi, minkä takia tarkennuksella ei käytännössä ole vaikutusta tuotantomuodon valintaan.

Työssä harvesterin tuoterakennetta on yksinkertaistettu tarkastelun selkeyttämiseksi. Tuoterakenteen käsitteleminen useammalla tasolla ei ollut mahdollista tarkemman tiedon

puuttuessa. Todellisuudessa pääkomponenttien lukumäärä on suurempi ja tuoterakenteessa on useampia tasoja. Koska valitsimme tarkasteltaviksi vain pääkomponentit, jouduimme yksinkertaistamaan myös alihankintaketjua. Rajasimme käsittelyn koskemaan ainoastaan pääkomponenttien toimittajia. Todellisuudessa toimitusketjun hallinta on huomattavasti kuvattua monimutkaisempaa.

Rajat standardi- ja erikoiskomponenttien luokittelussa perustuvat suuntaa antavaan esimerkkiin. Esimerkkilaskelmassa on tehty oletuksia nimikkeiden kysynnän, hinnan, varastonpitokustannusprosentin, tilauskustannusten ja tilauseräkokojen suhteen. Standardi- ja erikoiskomponenttien oletukset on pyritty määrittämään siten, että ne kuvaavat mahdollisimman laajaa nimikkeiden joukkoa. Tilauseräkoot on pyritty määrittämään niin, että ne kuvaavat todellisia varasto- ja tilauskomponenttien tilauseräkokoja.

Raportissa esitettyjä työkaluja voidaan hyödyntää tuotantomuodon valinnassa myös muissa toimintaympäristöissä. Päätöskriteerien ja mallin hyödyntämisen mahdollistavat järjestelmällisen lähestymistavan tuotantomuodon valintaan. Tarkastelemalla päätöskriteereitä toimintaympäristössä, varmistetaan olennaisimpien tekijöiden huomioiminen. Kuvattuja päätöskriteereitä voidaan hyödyntää myös komponenttitasolla, luokiteltaessa nimikkeet varasto- ja tilauskomponenteiksi. Tuotantomuodon valintamalli yhdistää päätöskriteereissä esille tulleita tekijöitä ja visualisoi tuotantomuodon valintaa. Päätöskriteereissä tapahtuvien muutosten vaikutusta tuotantomuodon valintaan voidaan arvioida mallin avulla. Mallin ja laskelmien tarkka hyödyntäminen todellisessa toimintaympäristössä vaatii oletettujen arvojen tarkentamista.

7 YHTEENVETO

Päätöskriteerien perusteella soveltuvin tuotantomuoto käsiteltävään toimintaympäristöön on MTO. Päätöskriteerit jaettiin markkina-, tuote- ja tuotantoprosessitekijöihin. Merkittävimmät tuotantomuodon valintaan vaikuttavat markkinatekijät ovat asiakkaiden odottama toimitusaika ja suuri tarve lopputuotteen asiakaskohtaiselle muokkaamiselle. Nämä tekijät puoltavat MTO:n valintaa tuotantomuodoksi. Tuotetekijöistä harvesterin modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa MTO:n ja ATO:n valinnan tuotantomuodoksi. Runsaasti pääomaa sitovat ja tuoterakenteeltaan monimutkaiset lopputuotteet suosivat MTO:n valintaa. Tuotantoprosessitekijöistä lyhyt tuotantoprosessin läpimenoaika on edellytys MTO:lle. Tuotantoprosessin jatkuva kehittäminen ja sen käsittely yhtenä kokonaisuutena puoltavat MTO:n valintaa tuotantomuodoksi.

Tuotantomuodon valintamallia hyväksikäyttämällä havaittiin kaksi eri tilannetta. Suurien tilausten tapauksessa asiakkaat ovat valmiita odottamaan toimitusta useampia kuukausia. Tällöin sijoitutaan mallin perusteella MTO-sarakkeeseen. Toinen havaitsemamme tapaus sijoittuu MTO:n ja ATO:n rajalle. Tässä tapauksessa asiakkaan odottama toimitusaika vaihtelee kolmen ja neljän viikon välillä.

Standardi- ja erikoistuotteiden varastoinnin kokonaiskustannuksia arvioimalla määritimme suuntaa antavat rajat nimikkeiden jakoon varasto- ja tilauskomponenteiksi. Arvioinnissa standardi- ja erikoiskomponentit pyrittiin määrittämään niin, että ne kuvaavat mahdollisimman laajaa nimikkeiden joukkoa. Tilausohjautuvuus on taloudellisesti kannattavaa standardinimikkeille, joiden kysyntä on pienempi kuin 9 788 kpl/a. Varastointi on taloudellisesti kannattavaa erikoisnimikkeille, joiden hinta on alle 54 €/kpl.

Harvesterin pääkomponentit jaettiin tilaus- ja varastokomponentteihin hyödyntämällä tuotantomuodon valinnassa käytettyjä kriteerejä. Varastoitavista pääkomponenteista on tarkoitus pystyä kokoamaan ns. standardimallinen harvesteri, jonka toimitusaika asiakkaalle on muita koneita lyhyempi. Tällä pyritään vastaamaan tuotantomuodon valintamallissa esille tulleeseen tilanteeseen, jossa asiakas odottaa toimitusta nopeammin.

LÄHDELUETTELO

Delfoi. John Deere Forestry sanoo “ei” tuotantoseisokeille. [artikkeli]. 2008 [viitattu 1.3.2010]. Saatavissa <http://www.delfoi.com/web/news/fi_FI/JohnDeerenForestry%20/_files/78827856260235300/default/pohja_john_deere_v2.pdf>

Eskola, Vesa. Alussa oli tehdashalli, kipinä ja Jussi. John Deere Forestry Oy:n kansainvälinen asiakaslehti [verkkolehti]. 01.2009 [viitattu 1.3.2010]. Saatavissa <http://jd.smartpage.fi/fi/itf109/pdf/JD_InTheForest_fin.pdf>

Fisher, M. L., 1997. What is the right supply chain for you product? Harvard Business Rewiev. pp. 105-116.

Hallgren, M., & Olhager, J., 2006. Differentiating manufacturing focus. International Journal of Production Research vol. 44. pp. 3863-3878.

Haug, A., Ladeby, K., Edwars, K., 2009. From engineer-to-order to mass customization. Management Research News. Vol. 32, No. 7. pp. 633-644.

John Deere. [John Deeren www-sivuilla]. Päivitetty 2010. [viitattu 1.3.2010]. Saatavissa <http://www.deere.com/fi_FI/about_us/factory/welding.html>

Kaminsky, P., Kaya, O., 2009. Combined make-to-order/make-to-stock supply chains. IIE Transactions. pp. 103–119.

Karrus, K. E., Söderström, W., 2005. Logistiikka. 3.-5. painos. WSOY. Helsinki. 419 s. ISBN 951-0-25497-5

Olhager, J., 2003. Strategic positioning of the order penetration point. Int. J. Production Economics 85. pp. 319-329.

Pagh, J. D., & Cooper, M. C., 1998. Supply chain postponement and speculation strategies: How to choose the right strategy. Journal of Business Logistics vol. 19, No. 2 . pp. 13-33.

Sharman, G., 1984. The rediscovery of logistics. Harvard Business Review. pp. 71-80.

Tervola, Janne. Metsäkoneen rungon koneistusaika neljäsosaan. Tekniikka & Talous [artikkeli]. 24.10.2006 [viitattu 1.3.2010]. Saatavissa<http://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/article142005.ece>

Tiitinen, A. [Ponssen www-sivuilla]. Päivitetty 15.1.2007. [viitattu 1.3.2010]. Saatavissa <http://ponsse.ip-finland.com/images/presentations/Ponsse%2015%20January%202007_Arto%20Tiitinen.pdf>

van Donk, D. P., 2001. Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries. Int. J. Production Economies 69. pp. 297-206.

Van Weele, A. J., 1994. Purchasing Management. 1st edition. International Thomson Business Press. London. 284 s. ISBN 1-86152-237-1

Wikner, J., & Rudberg, M., 2005. Introducing a customer order decoupling zone in logistics decision making. International Journal of Logistics: Research and Application. Vol. 8, No. 3. pp. 211-224.